

## LES HYDRATES DE GAZ

- Niveau(x) : Spécialité terminale S
- Type d'activités : Activité documentaire
- Support : Documents + extrait vidéo à projeter ou à utiliser en binôme sur l'ordinateur
- Durée estimée : 2 h
- Prérequis : Aucun.
- Compétences exigibles (BO) : aucune
- Compétences travaillées : Extraire et exploiter.

Résumé : Activité documentaire sur le thème de l'eau / eau et ressources (mot clé hydrates de gaz). La dernière question est une petite synthèse argumentée.

## Les hydrates de gaz

**Contexte** : La diminution des ressources d'hydrocarbures « conventionnelles », leur coût et la volonté de réduire la dépendance énergétique poussent à rechercher d'autres sources d'énergie fossiles « non conventionnelles », telles que les gaz ou huiles de schiste, ou encore les hydrates de gaz. Nous ne nous intéresserons dans ce document qu'aux seuls hydrates de méthane.

### Document 1 : « Japon : l'énergie qui pourrait tout changer »

Extrait du journal de 20 h du 14 mars 2013, France 2, C. de Vallabras, C. Gaucherand

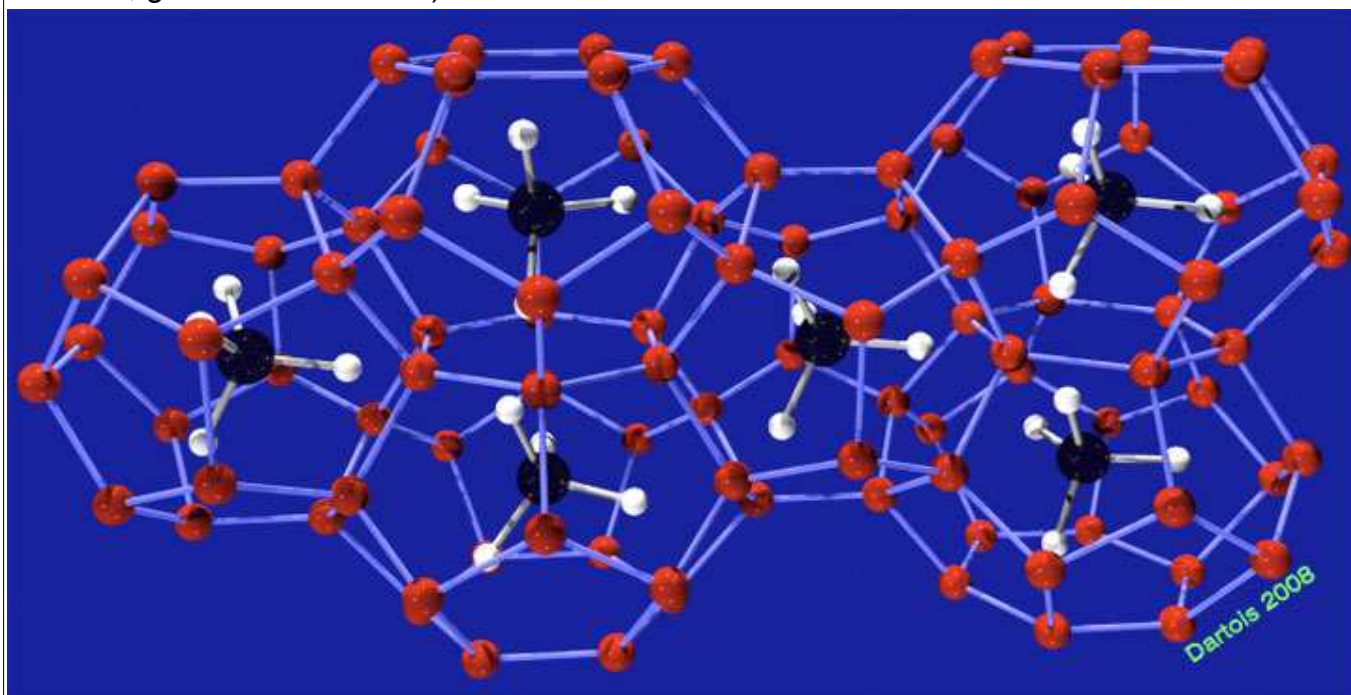
Regardez la vidéo « JT FR2 14mars2013.mpeg ».

1. Trouvez trois arguments dans le reportage en faveur de l'exploitation des hydrates de méthane.

### Document 2 : « Qu'est-ce qu'un hydrate de méthane ? »

<https://www.ias.u-psud.fr/website/modules/news2/article.php?storyid=48> (institut d'astrophysique spatiale)

Les clathrates hydrates [ou hydrates de gaz] sont des solides cristallins possédant des propriétés proches de la glace, piégeant à l'intérieur des molécules hôtes, et donc retenant des gaz dans des cages de glace cristalline. Ces composés d'inclusion pourraient s'avérer d'importance pour la stabilité des gaz dans de nombreux objets astrophysiques (planètes, comètes, grains interstellaires)...



*Représentation schématique d'un clathrate hydrate de méthane de type I. Les atomes d'oxygène des molécules d'eau [les hydrogènes ne sont pas représentés] formant les cages sont représentés en rouge, au sein desquelles se retrouvent piégées les molécules de méthane.*

2. On appelle parfois les hydrates de méthane « glace qui brûle ». Comment expliquer ce terme ?
3. Dans le document 1, le journaliste dit à propos de cette glace : « elle a la propriété étonnante de s'enflammer. En fait, il s'agit de méthane congelé ». Que pensez-vous de cette affirmation ?

### **Document 3 : « Les hydrates de méthane constituent-ils une ressource exploitable ? »**

pourlascience.fr [ → <http://goo.gl/VKqwr>], entretien avec Roland Vially (géologue à l'IFP-Énergies nouvelles), 2010

#### **Où les trouve-t-on ?**

Dans la nature, les conditions nécessaires pour que les hydrates soient stables sont réunies dans la partie supérieure des couches sédimentaires des régions arctiques (très basse température et faible pression), notamment dans le pergélisol, cette couche du sol gelée en permanence.

On trouve aussi ces conditions de température et de pression adéquates dans les sédiments superficiels des eaux océaniques profondes (forte pression et basse température). [...] L'interface entre le domaine contenant des hydrates et celui qui en est dépourvu est caractérisée par un fort contraste d'impédance acoustique que l'on repère sur les enregistrements sismiques : on distingue un réflecteur parallèle au plancher océanique.

#### **Quel volume de méthane représentent-ils ? Et peut-on imaginer y avoir accès ?**

Donner une estimation du gaz en place dans les sédiments sous forme d'hydrate de méthane est extrêmement difficile, mais des valeurs notablement supérieures à 1 000 téramètres cubes\* sont communément admises. Ces valeurs sont à comparer avec les réserves prouvées de gaz conventionnels qui sont de l'ordre de 180 téramètres cubes\* et la consommation annuelle mondiale de trois téramètres cubes\*. Quel que soit le chiffre, il est considérable, mais précisons qu'il représente le volume de gaz en place et pas celui des ressources récupérables.

Aujourd'hui, aucune production commerciale de ces hydrates n'a été entreprise. Dans les années 1970, les Russes ont mis en production en Sibérie un champ de gaz naturel, à Messoyakha, dont une partie du réservoir est remplie par des hydrates de gaz. Outre le fait qu'il ne s'agit pas à proprement parler d'une production d'hydrates, puisqu'on récupère le gaz libre sous la couche d'hydrates de méthane (l'exploitation du gisement favorise la déstabilisation des hydrates, un phénomène qui alimente le gisement), l'intérêt économique n'a pas encore été démontré.

Des expériences pilotes de production ont été effectuées à Mallik, dans l'Arctique canadien, et dans le prisme d'accrétion de Nankai, dans les profondeurs de l'océan près du Japon. Les tests se poursuivent encore : par exemple, les Japonais ont prévu deux extractions expérimentales, la première en 2012 et la seconde en 2014. [Entretien fait en décembre 2010]

#### **Comment récupère-t-on le méthane de ces hydrates ?**

Dans ces sites, trois techniques de production ont été testées : la dépressurisation, la stimulation thermique et l'injection d'inhibiteurs. Dans la première, on cherche à déstabiliser les hydrates de méthane en pompant l'eau aux alentours du puits. La chute locale de pression entraîne la dissociation des hydrates et la production d'eau et de méthane. La deuxième technique consiste à injecter de la vapeur pour déstabiliser les hydrates. Enfin, dans la troisième, on modifie la courbe de stabilité des hydrates en injectant du méthanol. Toutefois, l'intérêt économique de telles méthodes reste à démontrer.

#### **On soupçonne les hydrates de méthane d'influer sur le climat, qu'en est-il ?**

Plusieurs spécialistes du climat pensent que le méthane (dont le pouvoir de gaz à effet de serre est 25 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone) contenu dans les hydrates influe sur l'évolution du climat. Par exemple, James Kennett, de l'Université de Santa Barbara, aux États-Unis, a proposé la théorie du « fusil à hydrates » selon laquelle ces composés s'accumuleraient pendant les périodes glaciaires et se dissocieraient lors des réchauffements. [...]

En 1995, Gerald Dickens, de l'Université Rice, aux États-Unis, a proposé un rôle non négligeable de la dissociation d'hydrates de méthane dans le réchauffement brutal de la Terre il y a 55 millions d'années (en 1 000 à 10 000 ans, la température des eaux marines a augmenté d'en moyenne six degrés). Cependant, ces idées n'ont pas convaincu, notamment parce qu'elles ne disent rien sur l'initiation du processus.

Aujourd'hui, aucun consensus n'a été obtenu, et beaucoup de spécialistes restent dubitatifs quant à un possible rôle des hydrates de méthane dans la dynamique du climat.

### Quels enseignements peut-on tirer de ces premières tentatives ?

Ces expériences pilotes ont montré qu'une production significative de méthane n'est possible que lorsque les hydrates se situent dans les anfractuosités d'une couche poreuse et très perméable afin que l'on puisse facilement pomper ou injecter de la vapeur ou des inhibiteurs. Autre contrainte, les pores doivent contenir une forte proportion d'hydrates, ce qui suppose une bonne alimentation (la migration du gaz vers le réservoir) et une bonne concentration (le gaz doit être piégé). Ces conditions sont quasiment celles d'un bon gisement de gaz naturel qui n'est pas sous forme « classique » du fait des conditions de pression et de température.

En conséquence, pour le calcul des ressources ultimes récupérables, on ne doit pas tenir compte des hydrates sous forme de granules, de nodules ou sous formes diffuses dans des sédiments imperméables. Le volume en est notablement réduit et doit alors être compris entre 100 à 500 téramètres cubes\* de gaz, un ordre de grandeur comparable avec ceux des réserves des autres gaz non conventionnels. Quant aux réserves prouvées, on n'en connaît encore aucune.

\* Attention, dans le texte, 1 Tm<sup>3</sup> = 1012 m<sup>3</sup> !!! : Voir question 7

4. Quel peut-être l'avantage du « fort contraste d'impédance acoustique » cité dans la première question.
5. Avec un schéma, expliquez comment l'extraction a été faite à Messoyakha en Sibérie.
6. Expliquez la prudence de Roland Vially concernant le volume des réserves exploitables.
7. Comparez la quantité de méthane présentée dans le reportage télévisé (dix mille milliards de tonnes équivalent carbone TeqC) à celle du document 3. Conclure.

**Remarques :** 1 tonne TeqC  $\approx 1 \times 10^5$  moles de méthane et l'on considérera que 1 mole de méthane gazeux occupe environ 20 L.

Dans le document 3, lorsque l'on parle de « téramètre cube » Tm<sup>3</sup>, il faut comprendre 1012 m<sup>3</sup> (c'est-à-dire T(m<sup>3</sup>) : c'est une habitude lorsque l'on parle de volume de gaz naturel) au lieu de 1036 m<sup>3</sup> attendus avec le système SI (c'est-à-dire (Tm)<sup>3</sup>).

### Document 4 : « Vous allez haïr les hydrates de méthane »

Blog de Gilles Darmois, enseignant à l'institut français du pétrole et consultant indépendant en énergie, hébergé sur le monde.fr [ → <http://goo.gl/dMAAa> ]

Ces cristaux [d'hydrates de méthane] sont extrêmement instables, car toute modification de la pression ou de la température les détruit. On a alors libération incontrôlée de très grandes quantités de méthane. C'est le premier risque majeur, car le potentiel de réchauffement global du méthane est 23 fois celui du CO<sub>2</sub>. [...]

Les foreurs pétroliers craignent les zones du sous-sol où se trouvent des hydrates de méthane, car le passage du trépan peut entraîner une déstabilisation de la zone qui peut engloutir l'appareil de forage. En bonus, si le relâchement de méthane se produit dans une plate-forme continentale, les glissements de terrain associés créeront des tsunamis.

8. Le reportage télévisé dit « [Les] forages [précédents] trop près de la surface du sol déstabilisent la zone et laissent s'échapper dans la nature des tonnes de gaz extrêmement polluant ».

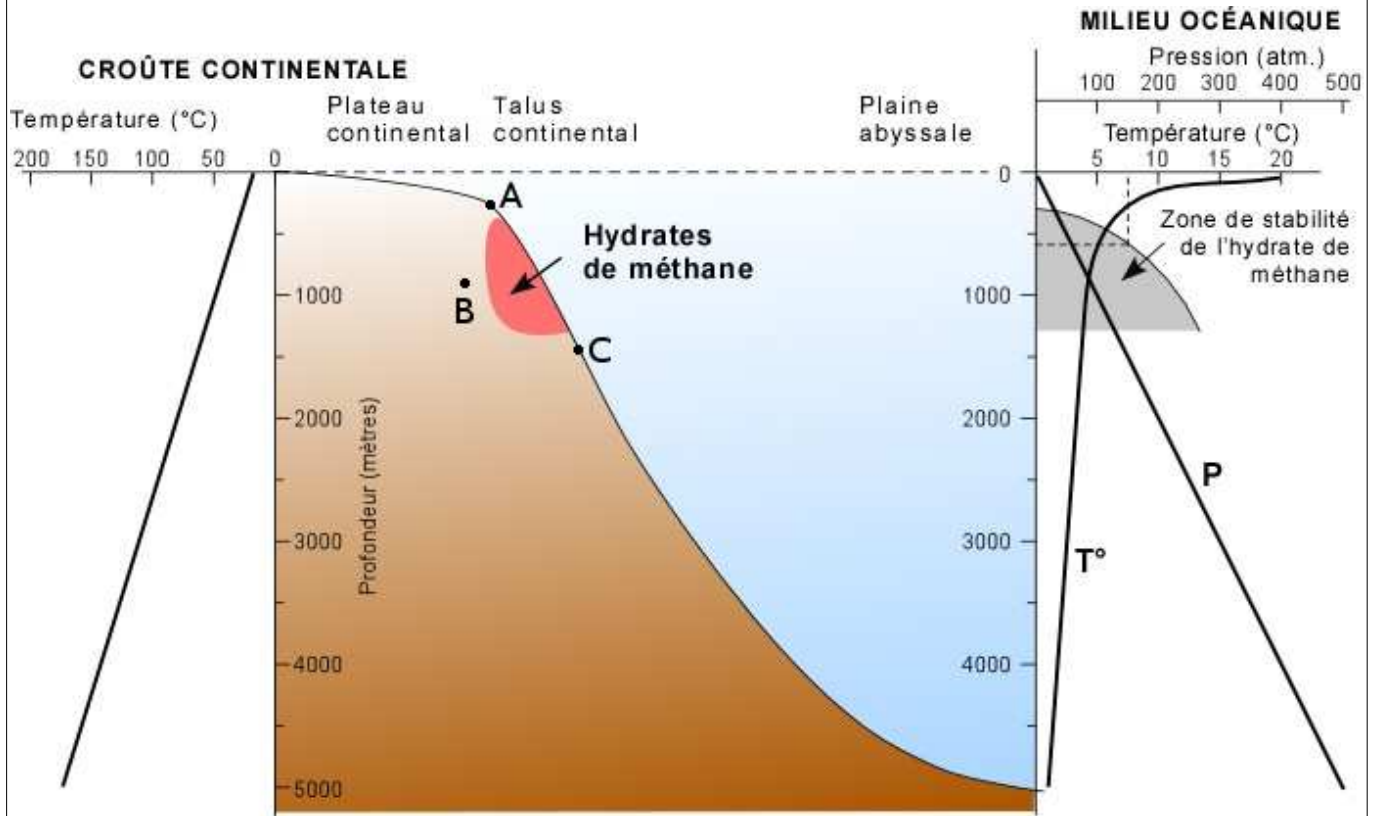
Quelle est la pollution évoquée dans ce reportage ?

## Document 5 : « Formation et stabilité des hydrates de méthane »

D'après Pierre-André Bourque, chercheur au Département de géologie et de génie géologique (Univ. Laval, Québec) : <http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s3/hydrates.methane.htm>

Une importante quantité de matière organique qui se dépose sur les fonds océaniques est incorporée dans les sédiments. Sous l'action des bactéries anaérobies, ces matières organiques se transforment en méthane dans les premières centaines de mètres de la pile sédimentaire. Un volume très important de méthane est ainsi produit. Une partie de ce méthane se combine aux molécules d'eau pour former l'hydrate de méthane, dans une fourchette bien définie de température et de pression.

Dans la zone en gris, eau et méthane se combinent pour former un hydrate à l'état de glace, alors qu'à l'extérieur de cette zone, les deux composés sont séparés et se trouvent sous leur propre état, liquide et gaz.



9. Expliquez si les hydrates de méthane sont une source d'énergie fossile.
10. Expliquez qu'il ne puisse pas y avoir d'hydrates de méthane pour chacun des points A, B et C. On supposera que la pression au niveau du point C est la même que celle de l'eau à la même profondeur.
11. Justifiez à l'aide de ce diagramme de stabilité les trois techniques d'extraction des hydrates de méthane présentées dans le document 3.

**Rédigez en une dizaine de lignes une conclusion sur l'exploitation des hydrates de gaz. Vous expliquerez très rapidement ce que sont ces hydrates de gaz puis exposerez les avantages et les inconvénients de cette exploitation.**